

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 09 OCT 2000

WIPO PCT

DE 00/02527

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 199 36 713.2

Anmeldetag: 06. August 1999

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Piezokeramischer Aktor sowie Verfahren zu seiner Herstellung

IPC: H 01 L, H 02 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 05. September 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hoin

28.07.1999

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Piezokeramischer Aktor sowie Verfahren zu seiner Herstellung

Stand der Technik

15

Die Erfindung bezieht sich auf einen piezokeramischen Aktor, im wesentlichen bestehend aus einem gesinterten monolithischen Stapel dünner piezokeramischer Folien mit zwischen den Folien angeordneten Innenelektroden, welche auf der Außenseite des Stapels unter Bildung zumindest zweier

20

elektrisch voneinander getrennter Elektrodengruppen mit alternierend aufeinanderfolgenden Innenelektroden der zumindest zwei Gruppen miteinander elektrisch verbunden sind.

Derartige Aktoren sind allgemein bekannt.

Piezokeramische Materialien haben die Eigenschaft, sich bei Beaufschlagung mit mechanischen Kräften, d.h. insbesondere unter mechanischem Druck oder Zug, elektrisch aufzuladen. Andererseits bewirkt ein auf das piezokeramische Material angelegtes elektrisches Feld, daß sich das Material mechanisch verspannt, d.h. insbesondere ausdehnt oder zusammenzieht.

30

35

Diese letzteren Effekte werden bei Aktoren ausgenutzt, um Stellbewegungen auszuführen.

Durch den Aufbau des Aktors aus einem Stapel piezokeramischer Folien mit entsprechend vielen Innenelektroden kann auch bei begrenzter elektrischer Betriebsspannung eine hohe elektrische Felastärke innerhalb der piezokeramischen Folien erreicht werden, da im Falle von zwei Elektrodengruppen jeweils zwischen zwei benachbarten Innenelektroden die Betriebsspannung anliegt.

In der Praxis kann die Kontaktierung der Innenelektroden Schwierigkeiten bereiten. Bei herkömmlichen Aktoren sind voneinander separierte Seitenbereiche des Stapels metallisch beschichtet, derart, daß die eine Beschichtung elektrisch mit den Innenelektroden der einen Gruppe und die andere Beschichtung elektrisch mit den Innenelektroden der anderen Gruppe verbunden ist.

Beim Betrieb der Aktoren werden diese metallischen Beschichtungen erheblichen mechanischen Spannungen ausgesetzt, wenn sich der Aktor entsprechend der jeweiligen Betriebsspannung ausdehnt oder zusammenzieht. Hierbei können hohe Wechselbeanspruchungen auftreten, wenn die Betriebsspannung häufig an- und abgeschaltet bzw. bezüglich ihrer Polarität umgeschaltet wird.

Diese mechanischen Beanspruchungen der metallischen Beschichtungen können zu Rissen in der Beschichtung führen, mit der Folge, daß eine mehr oder weniger große Anzahl der Innenelektroden nicht mehr an die Betriebsspannungsquelle anschließbar ist und die benachbarten piezokeramischen Folien nicht mehr bzw. praktisch nicht mehr zur Arbeit des Aktors beitragen können.

In der DE 196 48 545 A1 wird deshalb vorgesehen, die vorgenannten metallischen Beschichtungen mit einer mechanisch besonders nachgiebigen, elektrisch leitenden

weiteren Schicht zu bedecken, um die Fragmente der vorgenannten Beschichtung, die in der DE 196 48 545 Al auch als Grundmetallisierung bezeichnet wird, ständig in elektrisch leitender Verbindung miteinander zu halten. Diese zusätzliche Beschichtung kann beispielsweise die Form eines Drahtgewirkes oder -geflechtes oder auch eines Metallschaums oder Wellbleches aufweisen.

10 Vorteile der Erfindung

Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, die Innenelektroden jeweils zumindest an einem Bereich der Außenseite des Stapels durch leistenartige bzw. fahnenartige metallische Elemente fortzusetzen, welche in bevorzugter Weise durch elektrolytisch abgeschiedenes Metall gebildet werden können. Damit können die Innenelektroden in einem gewissen Abstand von den Seitenrändern der piezokeramischen Folien miteinander elektrisch leitend verbunden werden, beispielsweise durch gegebenenfalls gewellte Metallfolien, Metallgestricke od.dgl. oder leitfähige Kunststofffolien, beispielsweise Silikonfolien, in die elektrisch leitende Partikel eingebettet sind, so daß diese Folien ein durchlaufendes flächiges elektrisches Leitungsband bilden.

Die die Innenelektroden außerhalb des piezokeramischen Stapels fortsetzenden Leisten oder Fahnen bilden also eine nicht zusammenhängend strukturierte, streifenförmige Grundmetallisierung, wobei diese Leisten oder Fahnen durch die mechanischen Bewegungen der benachbarten piezokeramischen Folien beim Betrieb des Aktor nur allenfalls wenig beansprucht werden. Indem nun diese Leisten oder Fahnen mechanisch nachgiebig miteinander elektrisch verbunden werden, kann ein besonders standfester Aktor erreicht werden.

Zeichnung

5 Anhand der Zeichnung wird eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung erläutert.

Dabei zeigt die einzige Figur ein Schnittbild eines erfindungsgemäßen Aktors.

10 Gemäß der Zeichnung besteht ein erfindungsgemäßer piezokeramischer Aktor 1 im wesentlichen aus einem Stapel gesinterter piezokeramischer Folien 2 mit dazwischen angeordneten metallischen Innenelektroden 3, die abwechselnd bis zur rechten bzw. linken Seite des dargestellten Aktors 1
15 reichen, d.h. von außen zwischen den benachbarten piezokeramischen Folien 2 zugänglich sind. Am jeweils gegenüberliegenden Randbereich wird jede Innenelektrode von den benachbarten piezokeramischen Folien 2 überdeckt, so daß dort der Rand der jeweiligen Innenelektrode 3 von außen
20 unzugänglich ist.

Durch weiter unten dargestellte elektrolytische Metallabscheidung werden an den von außen erreichbaren, in der Zeichnung rechten bzw. linken Randbereichen der Innenelektroden 3 leistenartige Fortsätze 4 angeformt, welche beispielsweise jeweils aus einer an die Innenelektroden 3 unmittelbar anschließenden Nickelschicht 4' und einer außen darüberliegenden Goldschicht 4'' bestehen.

30 Die freien Ränder der leistenartigen Fortsätze 4 sind miteinander elektrisch über elektrisch leitende Folien 5' bzw. 5'' verbunden, die beispielsweise aus Kunststoff, z.B. Silikon oder Copolymeren, und darin eingelagert elektrisch leitenden Kohlenstoff- oder Metallpartikeln bestehen, wobei
35 diese Partikel zur Erzielung der gewünschten elektrischen Leitfähigkeit sehr dicht gepackt sind und das

Kunststoffmaterial im wesentlichen zur Gewährleistung des mechanischen Verbundes der Partikel dient.

Die leistenartigen Fortsätze 4 und die Folien 5' bzw. 5" können miteinander beispielsweise durch Heißverpressen elektrisch leitend verbunden sein.

Die beiden Folien 5' und 5" sind ihrerseits mit Anschlußleitungen 6' und 6" elektrisch verbunden, über die sich die Folien 5' und 5" und damit die daran elektrisch angeschlossenen Innenelektroden 3 mit einer Betriebsspannungsquelle verbinden lassen, derart, daß jeweils die mit der Folie 5' elektrisch verbundene Gruppe der Innenelektroden 3 und die kammartig zwischen die vorgenannten Innenelektroden 3 eingreifenden, mit der Folie 5" elektrisch verbundenen Innenelektroden 3 elektrisch entgegengesetzte Polaritäten aufweisen und jede dazwischenliegende piezokeramische Folie 2 mit einem entsprechenden elektrischen Feld beaufschlagt wird.

Je nach Polarität der elektrischen Betriebsspannung führen dann die oberen und unteren Enden des Aktors 1 Relativbewegungen zueinander entsprechend dem Doppelpfeil P aus.

Da die Folien 5' und 5" von den Rändern der piezokeramischen Folien 2 räumlich separiert sind, und da die Folien 5' und 5" darüber hinaus eine gewisse elastische Nachgiebigkeit besitzen, können die Bewegungen des Aktors 1 keinerlei Zerstörungen an den Folien 5' und 5" verursachen.

Gegebenenfalls können die Folien 5' und 5" auch eine gewellte Struktur aufweisen, derart, daß jeweils zwischen zwei an der Folie 5' bzw. 5" benachbart angeordneten Innenelektroden 3 bzw. deren leistenförmigen Fortsätzen 4 ein außenseitig konvexer Wulst verläuft.

Statt dessen ist es auch möglich, die leitenden Folien 5' und 5'' durch Metallgestricke oder -netze oder auch durch eine Schicht aus Metallschaum zu ersetzen.

5

Die elektrochemische Erzeugung der leistenartigen Fortsätze 4 kann wie folgt durchgeführt werden:

10

Der Stapel aus den gesinterten piezokeramischen Folien 2 mit den dazwischen angeordneten Innenelektroden 3 wird in einer Halterung fixiert. Danach werden die Innenelektroden 3 miteinander auf den beiden gegenüberliegenden Seiten, in der Zeichnung auf der rechten und linken Seite des dargestellten Stapels, miteinander elektrisch kontaktiert, allerdings so, daß die jeweiligen Kontaktierungen noch einen größeren durchlaufenden Bereich der einander gegenüberliegenden Seiten des Stapels freilassen.

15

20

Sodann erfolgt eine Reinigung des Stapels in einem Neutralreiniger, beispielsweise bei einer Temperatur von 55° C und einer Behandlungszeit von fünf Minuten.

Nachfolgend erfolgt eine Spülung in vollständig entsalztem Wasser (VE-Wasser).

30

Nunmehr erfolgt elektrochemische Metallabscheidung, z.B. eine Nickel-Abscheidung oder die Abscheidung einer Nickellegierung aus einem Nickelsulfamatelektrolyt, welcher im Falle der Abscheidung einer Legierung entsprechende Zusätze bzw. Legierungskomponenten enthält. Gegebenenfalls kann auch eine Edelmetallabscheidung aus einem entsprechenden Elektrolyten erfolgen.

35

Bei der Abscheidung werden die Innenelektroden 3 über die vorgenannten Kontaktierungen des Stapels elektrisch als Kathode geschaltet und eine geeignete Anode eingesetzt.

Der Nickelsulfamatelektrolyt kann einen pH-Wert zwischen 3 und 4 und eine Temperatur von etwa 40° C aufweisen. Weitere Elektrolyte werden bei ähnlichen Prozeßbedingungen betrieben.

Die elektrische Stromstärke zwischen Kathode und Anode kann bezogen auf die freiliegenden Keramikoberfläche bei 1 mA/cm² liegen. Damit wird eine Abscheiderate von ca. 0,1 µm/min erreicht.

Nach Erzeugung der Metallschichten 4' erfolgt einer erneute Spülung in voll entsalztem Wasser.

Anschließend erfolgt eine Hartgold-Abscheidung in einem Goldelektrolyt, wobei die Innenelektroden 3 wiederum als Kathode geschaltet werden und eine Anode aus platinierter Titan eingesetzt werden kann. Der pH-Wert des Goldelektrolyts kann auf einen Wert von 4 bis 5 eingestellt sein. Die Temperatur kann wiederum bei 40° C liegen. Die Stromstärke kann wiederum bezogen auf die freiliegende Keramikfläche des keramischen Folienstapels bei 1 mA/cm² liegen.

Alternativ kann auch eine gleichmäßige ca. 0,1 mm dicke Goldschicht stromlos aus einem Sudgold-Elektrolyten abgeschieden werden. Die Temperatur für diesen Prozeßschritt kann bei 80° C bis 90° C liegen.

Abschließend erfolgt eine erneute Spülung in voll entsalztem Wasser.

Nunmehr stehen die leistenartigen Fortsätze 4 zur Verbindung mit den elektrisch leitenden Folien 5' und 5'' od.dgl. zur Verfügung.

28.07.1999

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Ansprüche

15

1. Piezokeramischer Aktor (1), im wesentlichen bestehend aus einem monolithischen Stapel dünner piezokeramischer Folien (2) mit zwischen den Folien angeordneten Innenelektroden (3), welche auf Außenseiten des Stapels unter Bildung zumindest zweier elektrisch voneinander getrennter Elektrodengruppen miteinander elektrisch verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenelektroden (3) jeweils an einem Bereich der Außenseite des Stapels leistenartige Fortsätze (4) aufweisen.

20

30

2. Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Fortsätze (4) durch elektrolytisch abgeschiedenes Metall gebildet sind.

3. Aktor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeder leistenartige Fortsatz (4) aus einer Nickel- oder Nickellegierungsschicht (4') sowie einer nach außen anschließenden Goldschicht (4'') besteht.

35

4. Aktor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeder leistenartige Fortsatz (4) aus Kupfer besteht.

R. 35540

5. Aktor nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, daß jeder leistenartige Fortsatz (4)
aus Zinn-Silber-Legierungen besteht.

5 6. Verfahren zur Herstellung eines piezokeramischen Aktors
nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß die Fortsätze (4)
elektrochemisch erzeugt werden, indem die Innenelektroden
10 (3) als Kathode geschaltet und der monolithische Stapel in
ein elektrolytisches Bad gebracht wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildung der Fortsätze (4)
zunächst Nickel oder Nickellegierungen und in einem weiteren
15 Bad Gold abgeschieden wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildung der Fortsätze (4)
Kupfer oder Zinn-Silber-Legierungen abgeschieden wird.

R. 35540

28.07.1999

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Zusammenfassung

15

20

Ein piezokeramischer Aktor (1), welcher im wesentlichen aus einem monolithischen Stapel dünner piezokeramischer Folien (2) mit zwischen den Folien angeordneten Innenelektroden (3) besteht, besitzt an Außenseiten des Stapels elektrochemisch an die Innenelektroden angeformte Leisten (4), über die Kontaktierung (5',5'') der Innenelektroden (3) für den Betrieb des Aktors (1) erfolgt.

1/1

